



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 39 42 049.3
㉔ Anmeldetag: 20. 12. 89
㉕ Offenlegungstag: 9. 8. 90

⑤① Int. Cl. 5:
B 05 B 7/16
B 05 B 7/14
B 05 B 17/04
B 05 B 15/04
C 23 C 4/08
C 23 C 4/10
F 15 D 1/08
B 23 K 26/00

DE 39 42 049 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①

08.02.89 US 307794

⑦① Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

⑦④ Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000
Frankfurt

⑦② Erfinder:

Scheidt, Wilbur Douglas; Whitney, Eric James,
Cincinnati, Ohio, US; Pratt, Vanon David, Hamilton,
Ohio, US

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von Einspeisungsmaterialströmen mittels Transversallaserstrahldüsen

Ein Einspeisungsmaterial wird mit einem fokussierten Laserstrahl (40) in einem teilweise eingegrenzten Wechselwirkungsvolumen (16) geschmolzen und aus dem Wechselwirkungsvolumen in einer von der Achse (42) des Laserstrahls verschiedenen Richtung ausgetrieben. Das Einspeisungsmaterial liegt vorzugsweise in Form feinzerteilten Pulvers vor, das durch eine Gasströmung (52) fluidisiert wird und in das Wechselwirkungsvolumen in eine Richtung transversal zur Laserstrahlachse eingespeist wird. Die Eingrenzung des geschmolzenen Einspeisungsmaterials wird vorzugsweise erzielt, indem ausgeglichene Gasdrücke (60) erzeugt werden, die nicht zulassen, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial (30) in Richtung parallel zur Laserstrahlachse strömt. Die Energiedichte des Laserstrahls ist vorzugsweise ausreichend hoch, innerhalb des Wechselwirkungsvolumens ein Plasma aus dem Gas und verdampften Einspeisungsmaterialatomen zu erzeugen, so daß das Einspeisungsmaterial in das Plasma eingeleitet wird.

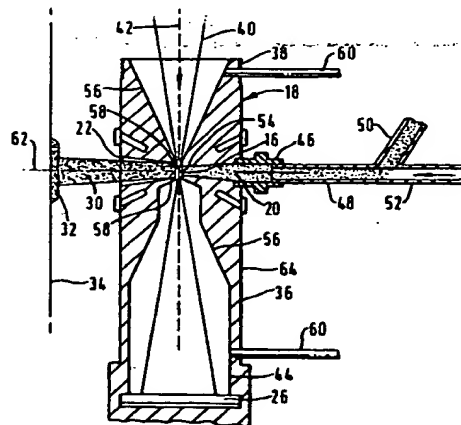


FIG. 2

DE 39 42 049 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft die Verdampfung und Spritzung bzw. Versprühung von Materialien und insbesondere solche Spritz- oder Sprühvorgänge, die durch Lasererwärmung induziert werden.

In zahlreichen modernen Materialsystemen ist es notwendig, auf ein vorhandenes Substrat Materialschichten aufzubringen. In einigen Fällen wird eine Beschichtung eines harten verschleißfesten Materials auf ein festes, haltbares duktiles Material aufgebracht. Der resultierende Schichtstoff liefert eine Bauteilkomponente, die gute mechanische Eigenschaften wie Festigkeit, Duktilität und Bruchfestigkeit aufweist und darüber hinaus eine Oberfläche besitzt, die in Umgebungen, die erosiv und/oder korrosiv sind, nicht schnell erodiert oder korrodiert bzw. verschleißt. Bei anderen Anwendungen kann ein Teil repariert werden, indem auf das Substrat neues Material derselben (oder verschiedenen) Zusammensetzung wie die des Substrats gegeben wird, indem graduierlich die Dicke des hinzugefügten Materials aufgebaut wird, um die Schichtdicke zu ersetzen, die im Gebrauch verlorengegangen war. Zahlreiche andere Beispiele von Beschichtungen finden weit verbreitet infolge der Vielseitigkeit, die durch kundenspezifische Materialsysteme gefordert wird, Anwendung.

Die Materialschichten können auf verschiedenste Arten abhängig vom Substrat, dem hinzugefügten Material und den erforderlichen Eigenschaften der Beschichtung auf das Substrat aufgetragen werden. Das hinzugefügte Material kann in massiver Form vorgesehen werden und auf dem Substrat laminiert, bondiert, geklebt oder anders befestigt werden. Alternativ hierzu kann das Material auch in einer von seiner endgültigen Konfiguration verschiedenen Form vorgesehen und in Form von Atomen, häufig in geschmolzenem und/oder verdampftem Zustand, auf das Substrat gegeben werden. Bei zahlreichen Anwendungen ist die letztgenannte Lösung vorzuziehen, um eine exzellente Haftung oder Bondierung des hinzugefügten Materials am Substrat zu erzielen und ein bezüglich seiner Eigenschaften hochgradig kontrollierbares und steuerbares Endprodukt herzustellen.

In einer in der Praxis weitverbreiteten Lösung wird ein Plasma in einem Entladungsbogen ausgebildet. Metallpulver in einem Gasstrom wird durch das Plasma gerichtet, wodurch das Metall zum Schmelzen gebracht wird und Metalltropfen gebildet werden. Das geschmolzene Material wird dann gegen ein Substrat gespritzt oder gesprüht, um als Beschichtung, sogenanntes "Coating", oder als Oberflächenfilm zu erstarren. Die Plasmaspritzung und andere vergleichbare Techniken sind für einige Metalle, wie beispielsweise Titanverbindungen, die in einer atmosphärischen Umgebung gespritzt werden, nicht operabel und betriebsfähig. Zusätzlich ist die Geometrie der Plasmaspritzvorrichtungen nicht geeignet, das gespritzte Material auf bestimmte Substratformen, wie beispielsweise das Innere von Bohrungen oder anderen Hohlraumflächen zu spritzen.

Infolgedessen besteht Bedarf an einer neuen Lösung zum Aufbringen von Materialschichten auf Substraten, die die Abscheidung oder Ablagerung der Materialien in eingegrenzte oder irgendwie eingeschnürte oder unzugängliche Stellen gestattet. Die vorliegende Erfindung löste die Aufgabe, diesen Bedarf zu decken, und bietet darüber hinaus weitere Vorteile.

Die vorliegende Erfindung ist in einer Vorrichtung zur Materialspritzung inkorporiert und verwirklicht und

erhält die Vorteile früherer Spritztechniken, gestattet jedoch eine große Vielseitigkeit bei der Auswahl der Vorrichtungsgeometrie zur Aufbringung von Materialschichten auf bislang unzugängliche Stellen eines Substrats. Das Substrat wird nicht unmittelbar durch den Laser erwärmt, wodurch es relativ kalt bleiben kann.

Entsprechend der Erfindung umfaßt die Vorrichtung zum Erzeugen einer Strömung eines geschmolzenen eingespeisten oder zugeführten Materials eine Laserwärmequelle mit einem Strahl, der in ein Wechselwirkungsvolumen gerichtet wird. Der Laserstrahl weist innerhalb des Wechselwirkungsvolumens eine ausreichende Energie auf, um das eingespeiste Material oder Einspeisungsmaterial, wenn dieses in das Wechselwirkungsvolumen eingeleitet ist, zu schmelzen. Ferner sind Einrichtungen zum Einleiten des Einspeisungsmaterials in das Wechselwirkungsvolumen vorgesehen sowie Einrichtungen, die das geschmolzene Einspeisungsmaterial innerhalb des Wechselwirkungsvolumens teilweise eingrenzen und einschließen und das geschmolzene Einspeisungsmaterial aus dem Wechselwirkungsvolumen in eine Richtung ausstoßen oder austreiben, die eine Komponente transversal zum Laserstrahl aufweist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel umfaßt eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Flusses oder einer Strömung geschmolzenen Einspeisungsmaterials eine Einschlußbehältniseinrichtung zum Eingrenzen und Eindämmen eines Plasmas innerhalb eines Wechselwirkungsvolumens. Ferner ist ein Laser vorgesehen, der einen Strahl aufweist, der in das Wechselwirkungsvolumen entlang der Laserstrahlrichtung gerichtet wird. Der Laser weist eine Strahlenergiedichte auf, die ausreicht, ein Plasma innerhalb des Wechselwirkungsvolumens zu erzeugen und das Einspeisungsmaterial beim Einleiten in das Wechselwirkungsvolumen zu schmelzen. Ferner sind Einrichtungen zum Einleiten des Einspeisungsmaterials in das Wechselwirkungsvolumen vorgesehen sowie Einrichtungen zum Austreiben oder Ausstoßen geschmolzenen Einspeisungsmaterials aus dem Wechselwirkungsvolumen heraus in einer Richtung, die von der Laserstrahlrichtung verschieden ist.

In einer bevorzugten Lösung wird der Laserstrahl im Wechselwirkungsvolumen durch einen Spiegel oder eine Linse mit ausreichender Intensität zur Ausbildung eines Plasmas fokussiert. Eine gasfluidisierte (fließbettartige) Strömung des Einspeisungsmaterials wird in das Plasma von der Seite eingeführt, so daß die Einspeisungsvorrichtung nicht dem Laserstrahl ausgesetzt ist. Das Plasma und das darin geschmolzene Einspeisungsmaterial werden mit einem ausgeglichenen Gasdruck oder Gasausgleichsdruck auf ein begrenztes Wechselwirkungsvolumen eingegrenzt und beschränkt, wobei der ausgeglichene Gasdruck verhindert, daß das Plasma und geschmolzene Einspeisungsmaterial sich längs der Achse des Laserstrahls ausdehnen. Eine Öffnung in der Seite des Behältnisses, die der Öffnung, durch die der Einspeisungsstrom eingeleitet wird, gegenüberliegt, gestattet, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial in eine Richtung senkrecht zur Achse des Laserstrahls austritt. Infolgedessen wird das Substrat nicht direkt dem Laserstrahl ausgesetzt, und die Strömung bzw. Fließmengen des Einspeisungsmaterials werden senkrecht zur Laserstrahlachse aufgetragen bzw. abgeschieden. Diese Konfiguration gestattet die Konstruktion einer langen, sonden- oder fählerartigen Schichtaufbringungsvorrichtung, die dazu verwendet werden kann, Materialien innerhalb von Bohrungen oder anderen relativ unzugänglichen Stellen abzuschneiden. Da das Sub-

strat nicht unmittelbar durch den Laserstrahl erwärmt wird, wird seine Struktur normalerweise während des Beschichtungsprozesses nicht signifikant verändert.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Erzeugen eines geschmolzenen Einspeisungsmaterials umfaßt im einzelnen ein Behältnis mit einer Seitenwandung und eine Laserenergieabsorptions- oder Aufnahmeeinrichtung am anderen Ende des Behältnisses. Ferner ist ein Laser vorgesehen, dessen Strahl längs einer Strahlachse in Richtung auf die Laserstrahlenergieaufnahmeeinrichtung in das Behältnis eingeleitet wird. Eine Pulvereinleitungsöffnung ist in der Seitenwandung des Behältnisses ausgebildet, wobei ein Pulver des eingespeisten Materials in das Innere des Behältnisses bei einem Wechselwirkungsvolumen eingeleitet werden kann, das längs der Laserstrahlachse, d. h. auf dieser Achse liegt. Eine Gasquelle mit einem eingrenzenden Gas, das das geschmolzene Material an Ausbreitung in Laserstrahlachsenrichtung hindert, erzeugt innerhalb des Behältnisses an Stellen, die längs der Laserstrahlachse vom Wechselwirkungsvolumen gleich beabstandet verschoben sind und sich gegenüberliegen, im wesentlichen gleiche Gasdrücke. Ferner ist eine Metallspritzöffnung oder Metallausstreibungsöffnung in der Seitenwandung des Behältnisses angrenzend an das Wechselwirkungsvolumen vorgesehen.

Die vorliegende Erfindung umfaßt auch ein Verfahren zum Spritzen von Metall unter Verwendung von Lasererwärmung. Im erfindungsgemäßen Verfahren zum Ausbilden oder Formen einer Strömung von geschmolzenem Einspeisungsmaterial sind folgende Verfahrensschritte umfaßt. Ein Laserstrahl wird so in ein Wechselwirkungsvolumen gerichtet, daß der Laserstrahl innerhalb des Wechselwirkungsvolumens eine Energiedichte aufweist, die ausreicht, im Wechselwirkungsvolumen enthaltenes Einspeisungsmaterial zu schmelzen. Ferner wird das Einspeisungsmaterial in das Wechselwirkungsvolumen eingeleitet, und es wird eine Strömung oder ein Fluß geschmolzenen Einspeisungsmaterials aus dem Wechselwirkungsvolumen in eine Richtung ausgetrieben und entfernt, die von der Richtung des Laserstrahls verschieden ist.

Vorzugsweise wird das Einspeisungsmaterial in Form eines feinzerteilten Pulvers durch einen Gasstrom fluidisiert senkrecht zur Achse der Laserstrahlrichtung in das Wechselwirkungsvolumen eingespeist. Die Einschränkung und Begrenzung des geschmolzenen Einspeisungsmaterials wird vorzugsweise erzielt, indem ein ausgeglichener Druck auf beiden Seiten des Wechselwirkungsvolumens erzeugt wird, der verhindert, daß das Material in Richtung parallel zum Laserstrahl strömt. Ferner wird vorzugsweise die Laserstrahlung so fokussiert, daß sich im Wechselwirkungsvolumen aus dem Gas und verdampften Einspeisungsmaterialatomen ein Plasma bildet, in das das Einspeisungsmaterial eingeleitet wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die Vorrichtung liefern einen wichtigen Fortschritt in der Technik der Spritzbeschichtung von Einspeisungsmaterialien. Die Laserenergie wird dazu verwendet, ein eingespeistes Material in einer sehr wirkungsvollen, steuerbaren Art und Weise zu schmelzen. Die Achse der Schichtabscheidung ist von der Achse der Laserstrahlung verschieden, wodurch eine unnötige Erwärmung des Substrats vermieden wird und ermöglicht wird, daß der Aufbau der Beschichtungsvorrichtung zur Anwendung auf eingegrenzte oder irgendwie unzugängliche Räume ausgelegt wird.

Im folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnungen und einiger bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt, die lediglich dazu dienen, ihre Prinzipien zu erläutern. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 2 eine Schnittansicht einer transversalen Laserdüse aus Fig. 1.

Die vorliegende Erfindung ist vorzugsweise in einer Laserspritzvorrichtung 10 mit transversaler Strömung inkorporiert, wie sie in einer Übersichtsdarstellung in Fig. 1 gezeigt ist. Die Vorrichtung 10 umfaßt einen Laser 12, dessen Strahl durch einen optischen Abschnitt 14 geleitet wird, der den Strahl in einem Wechselwirkungsvolumen 16 innerhalb einer Transversalströmungsdüse 18 fokussiert. Vorzugsweise ist die Energie des Laserstrahls im Wechselwirkungsvolumen ausreichend groß, um ein Plasma zu erzeugen. Eine Strömung von gasfluidisierten (wirbelbettartig transportierten) pulverisierten Einspeisungs- oder Zusatzmaterial wird über eine Pulvereinführungsöffnung 20 in die zylindrische Wandung der Düse 18 eingebracht. Im Wechselwirkungsvolumen 16 wird das Einspeisungsmaterial durch den Laserstrahl sehr schnell erhitzt und geschmolzen.

Das geschmolzene Material wird teilweise innerhalb des Wechselwirkungsvolumens 16 eingegrenzt und eingedämmt. Das heißt, daß nicht zugelassen wird, daß das geschmolzene Material entlang der Achse des Laserstrahls strömt, daß jedoch zugelassen wird, daß das geschmolzene Material aus einer Metallspritzöffnung oder Austreibungsöffnung 22 ausströmt, die in der Düsenwandung gegenüberliegend der Pulvereinführungsöffnung 20 ausgebildet ist, wobei diese Strömung durch Beschleunigung und Kraft zustandekommt, die durch die Gasströmung auferlegt werden, in der das pulverisierte Einspeisungsmaterial fluidisiert worden ist. Diese teilweise Eingrenzung wird durch einen ausgeglichenen Gasdruck, d. h. Gasgleichdruck entlang der Achse des Laserstrahls erzielt, wobei das Gleichdruckgas über ein Eingrenzungsgassystem 24 eingeführt wird. Jedwede Überschußenergie des Laserstrahls, die nicht vom Einspeisungsmaterial bei dessen Erwärmung und vom Plasma, sofern vorhanden, absorbiert wird, stößt auf eine Laserstrahlaufnahme- oder -ablaßeinrichtung 26, die durch Wasser gekühlt wird, das durch Kühlleitungen 28 strömt.

Die Strömung des geschmolzenen Einspeisungsmaterials bewegt sich transversal zur Achse des Laserstrahls aus der Düse 18 in Form eines Sprays oder Spritzstrahls 30. Der Spritzstrahl 30 kann dann je nach Erfordernis in typischer Weise dazu benutzt werden, eine Schichtablagung 32 auf einem Substrat 34 auszubilden.

Die Transversalströmungsdüse 18 ist in Fig. 2 detaillierter dargestellt. Die Düse 18 umfaßt ein zylindrisches Einschluß- oder Aufnahmebehältnis 36. Ein erstes Ende 38 dieses Behältnisses 36 ist offen und so am optischen Abschnitt 14 befestigt, daß ein konvergierender Laserstrahl 40 entlang der Behältniszyylinderachse 42 in das Behältnis 36 eingeleitet werden kann. Am gegenüberliegenden anderen oder zweiten Ende 44 des Behältnisses ist ein wassergekühlter Aluminiumblock vorgesehen, der als Laserstrahlenergieaufnahmeeinrichtung 26 wirkt. Die Strahlenergieaufnahmeeinrichtung 26 absorbiert und verbraucht den Teil der Energie des Laserstrahls 40, der durch das Wechselwirkungsvolumen 16 hindurchtritt.

Die Pulvereinführungsöffnung 20 ist in der zylindri-

schen Seitenwandung 64 des Behältnisses 36 vorgesehen. Die Öffnung 20 umfaßt ein Verbindungsstück 46, das sich durch die Seitenwandung 44 erstreckt und dort befestigt ist. Das Verbindungsstück 46 nimmt an seinem bezüglich des Behältnisses externen Ende ein Zuführrohr 48 für fluidisiertes Pulver auf, wobei durch dieses Rohr Pulver des Einspeisungsmaterials in das Innere des Behältnisses 36 eingeführt wird. Der fluidisierte Strom wird ausgebildet, indem ein Pulverstrom aus einer Pulverröhre 50 in einen Strom fluidisierenden Gases in eine Röhre 52 für fluidisierendes Gas eingebracht wird.

Der Strom fluidisierten Pulvers aus dem Zuführrohr 48 strömt in das Innere des Behältnisses 36 und in den Laserstrahlpfad 40 zum oder nahe dessen Brennpunkt 54. Das Gas und Pulver werden durch die Absorption von Energie aus dem Laserstrahl 40 sehr schnell erhitzt. Es wird angenommen, jedoch soll diese Erklärung nicht bindend verstanden werden, daß Pulvermoleküle aus der Oberfläche der Pulverteilchen verdampfen. Die Gaserwärmung und die der verdampften Atome des Einspeisungsmaterials streift bei ausreichend hoher Temperatur Elektronen von den Molekülen ab und bildet ein Plasma. Das Plasma strahlt Wärme ab, wodurch die Pulverteilchen des Einspeisungsmaterials geschmolzen werden. Selbst wenn sich kein Plasma ausbildet, schmelzen die Pulverteilchen. Die Ausbildung des Plasmas ist jedoch vorzuziehen, da die Erwärmung der Teilchen mit höherem Wirkungsgrad und gleichmäßiger erfolgt. Das unabhängig und selbständig strahlende Plasma vergrößert auch das Volumen des Wechselwirkungsvolumens und beschleunigt das abzulagernde Material auf das Substrat hin.

Das geschmolzene Einspeisungsmaterial im Wechselwirkungsvolumen 16 wird teilweise bezüglich seiner Fähigkeit, sich auszudehnen, eingeschränkt. Diese teilweise Hinderung der Ausdehnung bedeutet, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial daran gehindert wird, sich längs der Zylinderachse 42 zu expandieren oder zu bewegen. Um diese teilweise Eingrenzung des geschmolzenen Materials zu erzielen, wird ein Gasgleichdruck im Innern des Behältnisses 36 auf beiden Seiten der axialen Position oder Lage des Wechselwirkungsvolumens 16 erzeugt. Der beaufschlagte Gasdruck und die zugeführte Gasströmung zum Wechselwirkungsvolumen verhindern, daß sich das Material innerhalb des Volumens aus dem Wechselwirkungsvolumen in Richtung parallel zur Zylinderachse 42 wegbewegt.

Um dieses teilweise eingeschränkte und eingeschlossene System auszubilden, sind zwei konische Containment- oder Einschlußdüsen 56 im Innern der Seitenwandung fixiert, wobei ihre Konusachsen mit der Zylinderachse 42 zusammenfallen. Die Scheitelpunktoöffnungen 58 der konischen Düsen 56 grenzen an das Wechselwirkungsvolumen 16 an und zeigen darauf hin. Ein Gasdruck wird im Innern jeder Düse 56 derart erzeugt, daß eine Gasströmung auf das Wechselwirkungsvolumen 16 hin entlang der Achse 42 vorliegt. Der Laserstrahl tritt durch die Scheitelpunktoöffnung 58 jeder Düse 56 ungehindert hindurch und in das Wechselwirkungsvolumen 16 hinein. Jedoch kann sich das geschmolzene Material nicht leicht entlang der Achse 42 nach außen und weg vom Wechselwirkungsvolumen 16 gegen die Gasströmung ausbreiten.

Der Gasdruck innerhalb des Behältnisses 36 oberhalb und unterhalb der beiden Düsen 56 wird durch die Einleitung von Gasströmen durch Eingrenzungsgasleitungen 60 begründet, die Teil des Eingrenzungsgassystems 24 bilden. Es ist wichtig, daß die Gasströme durch die

Scheitelpunktoöffnungen 58 der beiden Einschlußdüsen 56 und die Gasdrücke darin einander angenähert gleich sind, um eine Destabilisierung des geschmolzenen Einspeisungsmaterials und, sofern vorhanden, des Plasmas zu verhindern. Ein ausreichend hohes Gasströmungs- und Druckdifferential zwischen den beiden Düsen 56 kann verursachen, daß das geschmolzene Metall und Plasma aus dem Wechselwirkungsvolumen 16 herausgetrieben werden. In diesem Fall wird der Wirkungsgrad des Schmelzens stark herabgesetzt, und die Vorrichtung kann beschädigt oder zerstört werden.

Das geschmolzene Einspeisungsmaterial und das Plasma können sich infolge des Gaseinschlußbehältnisses oder Gascontainment nicht entlang der Zylinderachse 42 ausbreiten und können sich infolge der Trägergasströmung nicht zurück in die Pulvereinführungsöffnung 20 ausbreiten. Infolgedessen dehnen sich das geschmolzene Einspeisungsmaterial und Plasma von der Öffnung 20 weg aus und strömen von dieser weg aus der Metallspritzöffnung 22 entlang einer Achse 62, die nicht mit der Zylinderachse 42 und dem Laserstrahl 40 zusammenfällt. Die Öffnung 22 ist normalerweise ausreichend weit vom Substrat 34 entfernt, um zu verhindern, daß das Plasma das Substrat überhitzt. Das geschmolzene Einspeisungsmaterial erreicht das Substrat 34 zur Ausbildung der Ablagerungsschicht 32.

In einem Betriebsbeispiel der Erfindung ist das Behältnis 36 ein hohler Messingzylinder mit einer Länge von etwa 165,1 mm (6 1/2 inches) und einem Durchmesser von ungefähr 35,56 mm (1,4 inches). Die Scheitelpunktoöffnung weist einen Durchmesser von ungefähr 1,78 mm (0,07 inches) auf. Die Gasströmungsrate in jeder der Leitungen 60 beträgt ungefähr 0,1416 m³/h (5 ft³/h), wobei das Gas Argon ist. Andere akzeptable Gase umfassen Stickstoff, Helium, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und Mischungen hiervon. Der bevorzugte Laser ist ein Kohlendioxidlaser mit einer Leistung größer als 3 kW, der in einem Multi-Mode-Betrieb wird. Unter diesen Bedingungen wurde im Wechselwirkungsvolumen ein Plasma ausgebildet, welches dann ebenfalls ein Plasmabildungsvolumen ist.

Die Nickellegierung Inconel 718 wurde unter Verwendung der bevorzugten Vorrichtung 10 transversal gespritzt, indem Legierungsteilchen einer Größe von -0,074 mm Siebaperturwert (-200 mesh) plasmagespritzt wurden. Bei Verwendung der eben beschriebenen Vorrichtung wurde eine Strömungsrate von 10 g/min Legierungspulver, das in Argongas mit 0,8496 m³/h (30 ft³/h) fluidisiert wurde, durch die Pulvereinführungsöffnung 20 eingebracht. Das Pulver wurde im Plasma geschmolzen und auf dem Substrat durch die Metallspritzöffnung abgelagert. Die Abscheidung oder Ablagerung des aufgespritzten Metalls wurde metallurgisch analysiert, und es stellte sich heraus, daß eine gute Bondierung oder Haftung auf dem Substrat vorlag. Andere Materialbeispiele, die ebenfalls auf diese Weise gespritzt bzw. abgeschieden werden können, umfassen Titaniumlegierungen, Kobaltlegierungen, Eisenlegierungen und nichtmetallische Materialien wie Oxide von Aluminium, Zirkonium und Chrom.

Die erfindungsgemäße Lösung gestattet die Spritzbeschichtung von Substraten mit einer Vielzahl verschiedener Materialien. Laserenergie wird zum Schmelzen des Einspeisungsmaterials vorzugsweise unter Erzeugung eines Plasmas, in dem die Schmelzung stattfindet, verwendet. In signifikanter Weise findet die Spritzung oder Spraying des geschmolzenen Metalls in einer Richtung statt, die von der des Laserstrahls verschieden

ist. Infolgedessen trifft oder prallt der Laserstrahl nicht auf das Substrat, woraus eine geringere Erwärmung des Substrats resultiert, die andernfalls vorläge.

Die Erfindung wurde an Hand spezifischer Beispiele und Ausführungsvorrichtungen näher erläutert, es sind jedoch zahlreiche Abwandlungen und Änderungen denkbar, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen oder von der Erfindungsidee abzuweichen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen einer Strömung eines geschmolzenen Einspeisungsmaterials, gekennzeichnet durch

eine Lasererwärmungsquelle mit einem Strahl (40), der in ein Wechselwirkungsvolumen (16) gerichtet wird, wobei der Strahl eine Intensität innerhalb des Wechselwirkungsvolumens hat, die ausreicht, das in das Wechselwirkungsvolumen eingebrachte Einspeisungsmaterial zu schmelzen; Einrichtungen (20, 46, 48, 50, 52) zum Einleiten des Einspeisungsmaterials in das Wechselwirkungsvolumen; und Einrichtungen (24, 56, 66), die das geschmolzene Einspeisungsmaterial innerhalb des Wechselwirkungsvolumens teilweise eingrenzen und das geschmolzene Einspeisungsmaterial aus dem Wechselwirkungsvolumen in eine Richtung austreiben, die eine Komponente transversal zum Laserstrahl aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Plasma innerhalb des Wechselwirkungsvolumens (16) ausgebildet wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Einleiten eine Pulverzufuhreinrichtung (48, 50, 52) aufweisen, in der Pulver des Einspeisungsmaterials mit einer Gasströmung gemischt wird, und in das Wechselwirkungsvolumen (16) eingeleitet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas, das mit dem Einspeisungsmaterial gemischt wird, aus einer Gruppe ausgewählt wird, die Argon, Stickstoff, Helium, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und Mischungen hiervon umfaßt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum teilweisen Eingrenzen eine Quelle (24) eines axialen Eingrenzungs-gases umfassen, das auf beiden Seiten des Wechselwirkungsvolumens (16) entlang der Richtung des Laserstrahls (40) einen ausgeglichenen Gasdruck erzeugt, so daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial nicht parallel zur Richtung des Laserstrahls strömen kann.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das eingrenzende Gas aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Argon, Stickstoff, Helium, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und Mischungen hiervon umfaßt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial das Wechselwirkungsvolumen (16) in einer Richtung senkrecht zum Laserstrahl (40) verläßt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Einspeisungsmaterial aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Titanlegierungen, Nickellegierungen, Kobaltlegierungen, Eisenlegierungen und nichtmetallische Materialien umfaßt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Einspeisungsmaterial aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid und Chromoxid umfaßt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ferner eine Einrichtung (14) vorgesehen ist, die den Laserstrahl (40) in das Wechselwirkungsvolumen (16) hinein fokussiert.

11. Vorrichtung zum Erzeugen einer Strömung eines geschmolzenen Einspeisungsmaterials, gekennzeichnet durch

eine Einschlußeinrichtung (56), die ein Plasma innerhalb eines Wechselwirkungsvolumens (16) eingrenzt;

einen Laser (12) mit einem Strahl (40), der entlang einer Laserstrahlrichtung in das Wechselwirkungsvolumen (16) gerichtet wird, wobei der Laser eine Strahlenergiedichte aufweist, die ausreicht, ein Plasma innerhalb des Wechselwirkungsvolumens auszubilden und das Einspeisungsmaterial beim Einbringen in das Wechselwirkungsvolumen zu schmelzen;

Einrichtungen (20, 46, 48, 50, 52) zum Einleiten des Einspeisungsmaterials in das Wechselwirkungsvolumen; und

Einrichtungen (22, 24, 52, 56, 60) zum Austreiben des geschmolzenen Einspeisungsmaterials aus dem Wechselwirkungsvolumen, in eine Richtung, die von der Laserstrahlrichtung verschieden ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial das Wechselwirkungsvolumen (16) in einer Richtung senkrecht zum Laserstrahl (40) verläßt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Austreiben eine Einrichtung (24, 56, 60) umfassen, die verhindert, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial längs der Laserstrahlrichtung strömt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß diese verhindernde Einrichtung eine Vorrichtung (24, 60) umfaßt, die das Wechselwirkungsvolumen mit einem ausgeglichenen Gasdruck beaufschlagt, wobei der Gasdruck auf beiden Seiten des Wechselwirkungsvolumens in der Richtung parallel zum Laserstrahl im wesentlichen gleich ist.

15. Vorrichtung zum Erzeugen eines geschmolzenen Einspeisungsmaterials, gekennzeichnet durch ein Behältnis (36) mit einer Seitenwandung und einer Laserstrahlenergieraufnahmeeinrichtung (26) an einem Ende des Behältnisses;

einen Laser (12), dessen Strahl (40) entlang einer Strahlachse in Richtung auf die Laserstrahlenergieraufnahmeeinrichtung in das Behältnis eingeleitet wird;

eine Pulvereinführungsöffnung (20) in der Seitenwandung des Behältnisses, durch die ein Pulver des Einspeisungsmaterials in das Innere des Behältnisses am Wechselwirkungsvolumen (16) eingeleitet werden kann, das auf der Strahlachse liegt;

eine Eingrenzungs-gasquelle (24), die innerhalb des Behältnisses an Stellen, die entlang der Laserstrahlachse vom Wechselwirkungsvolumen (16) gleich und sich gegenüberliegend verschoben sind, im wesentlichen gleiche Gasdrücke erzeugt; und

eine Metallspritzöffnung (22) in der Seitenwandung des Behältnisses angrenzend an das Wechselwirkungsvolumen (16).

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Behältnis (36) zylindrisch ist.

17. Verfahren zur Formung einer Strömung geschmolzenen Einspeisungsmaterials, gekennzeichnet durch die Schritte des:

Richtens eines Laserstrahls in ein Wechselwirkungsvolumen, so daß der Laserstrahl innerhalb des Wechselwirkungsvolumens eine Energiedichte aufweist, die ausreicht, ein im Wechselwirkungsvolumen enthaltenes Einspeisungsmaterial zu schmelzen;

Einleiten des Einspeisungsmaterials in das Wechselwirkungsvolumen; und

Entfernen eines Stroms geschmolzenen Einspeisungsmaterials aus dem Wechselwirkungsvolumen in eine Richtung, die von der Richtung des Laserstrahls verschieden ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das geschmolzene Einspeisungsmaterial veranlaßt wird, das Wechselwirkungsvolumen in einer Richtung senkrecht zum Laserstrahl zu verlassen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

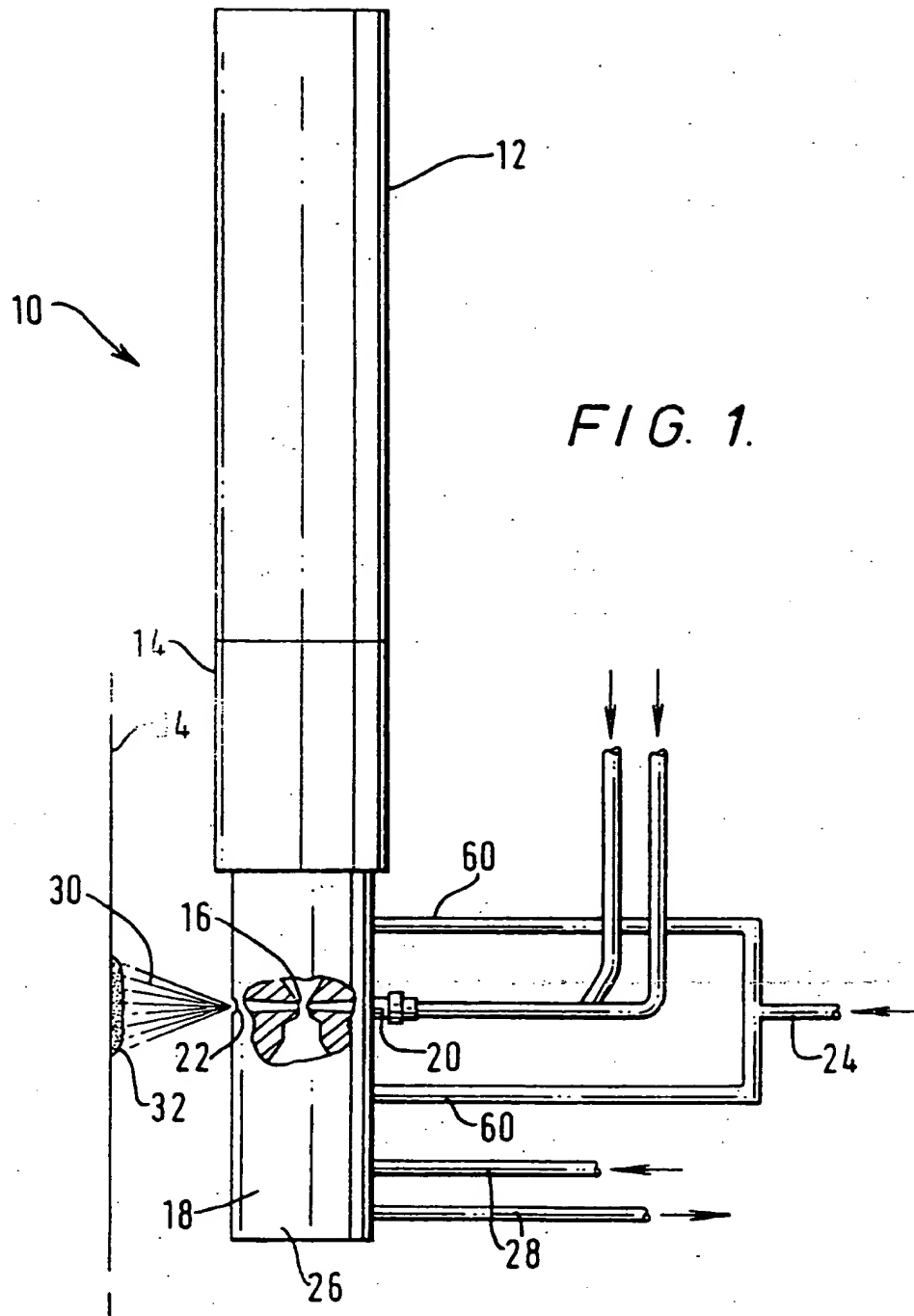
45

50

55

60

65



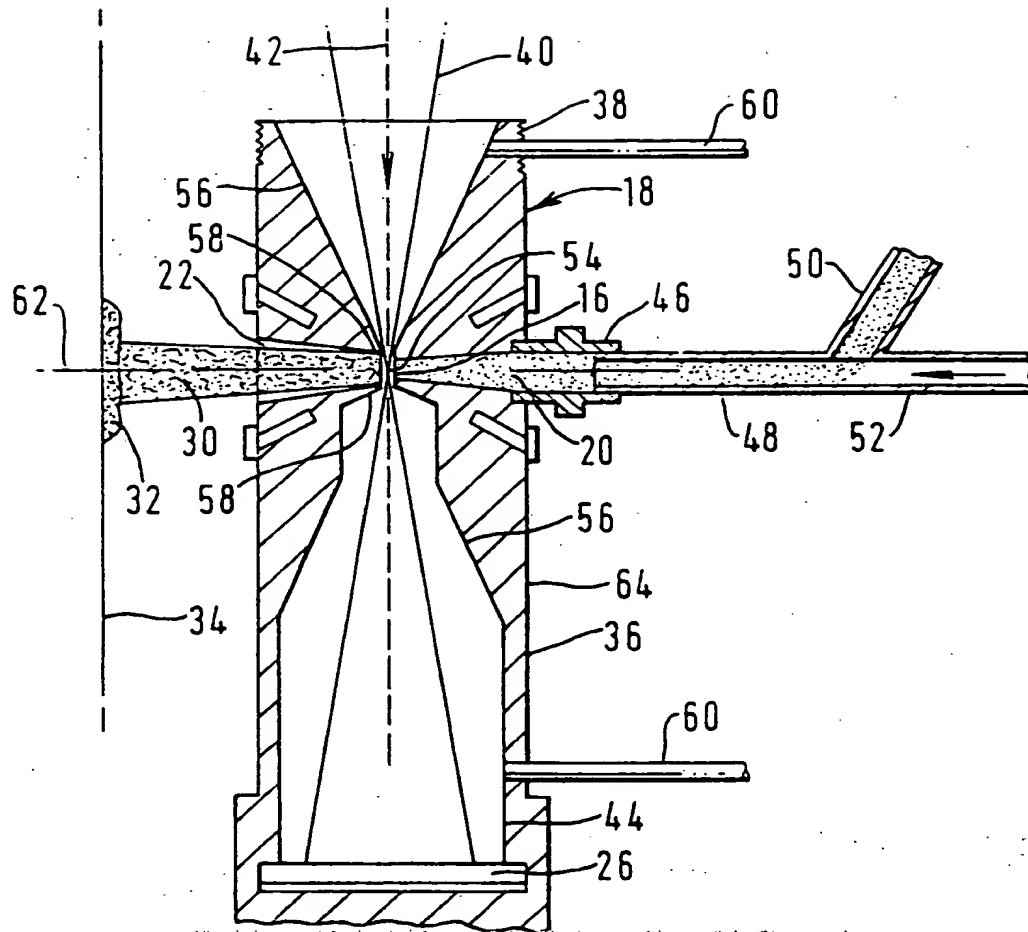


FIG. 2.